CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS
(C.R.T.)
CENTRE FOR RESEARCH
ON TRANSPORTATION

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
C.P. 6128, SUCCURSALE A,
MONTRÉAL
CANADA H3C 3J7

TÉLÉPHONE: (514) 343-7575
TÉLEX: 05-24146 BIBPOLYTEC
EMAIL: crt@crt.umontreal.ca
TÉLÉCOPIEUR (FAX): (514) 343-7121

CRT-787

Comportement des passagers dans un réseau de transport en commun congestionné Exemple de la ville de Tunis

par
Slim Saïdi[1,2]
Michel Gendreau[2]
François Soumis[1,2,3]

[1] École Polytechnique, C.P. 6079, Succursale A, Montréal, Canada H3C 3A7.
[2] Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, C.P. 6128, Succursale A, Montréal, Canada H3C 3J7.
[3] Groupe d'étude et de recherche en analyse des décisions (GERAD), École des Hautes Études Commerciales, 5255 ave Decelles, Montréal, Canada H3T 1V6.

Centre de recherche sur les transports — Publication #787

Juin 1991

91-05410/

Dépôt légal – 2ème trimestre 1991

Sommaire

Dans une ère où le degré de facilité des déplacements est synonyme de développement, on se retrouve de plus en plus à utiliser un mot qui représente plutôt un processus et un domaine des plus complexes: *Le Transport.*

Couplé, de par sa nature même, à l'évolution sociale, économique et industrielle d'une région, le transport constitue une problématique pluridisciplinaire où se mêle une multitude d'intervenants qui sont non moins que tous.

Le transport en commun, en particulier, est une façade de l'urbanisation des villes dont la gestion devient d'autant plus complexe que l'expansion de la ville étudiée est importante et rapide.

Afin de faire les diverses dimensions du transport en commun, le présent travail commence par une présentation générale du transport, en donne une classification en en montrant l'étendue à travers ses différentes composantes et introduit le Génie des transports avec ses catégories de gestionnaires.

Le transport en commun est ensuite traité en deuxième partie; on y présente sa problématique, puis certaines données sur le réseau de transport en commun de la ville de Tunis afin d'en montrer les caractéristiques.

Ensuite, nous exposons le processus de modélisation de l'affectation des passagers sur un réseau et enfin une recherche d'analogies avec d'autres problèmes de planification.

Mots clés

Transport - Transport en commun - Recherche Opérationnelle - Modélisation - Tunis

I. Introduction

Le transport est défini comme étant l'action, le processus de déplacer ou mouvoir une chose [personne, marchandise, information ...] d'un endroit à un autre.

De cette définition, on peut déduire plusieurs catégories d'intervenants dans le processus de transport, soit l'**objet de transport** (la chose à transporter), le **mode de transport** avec toutes les implications d'ordre technologiques et méthodologiques, le **transporteur** qui effectue le transfert et **l'environnement de transfert** exprimé par les caractéristiques des endroits origines et destinations des déplacements. Et selon que l'on se place du côté d'une catégorie d'intervenants ou de l'autre, on peut déterminer une subdivision du domaine des transports en familles différentes.

Souvent, on a tendance à ne considérer du transport que son aspect **transport des personnes** avec un **moyen de transport conventionnel**, or si on se fie à sa définition, cette restriction apparaît clairement erronée.

En fait la problématique du Génie des transports peut s'étendre du transport des **personnes** à celui des **marchandises** en passant par les **documents** et **informations**; le transport pouvant se faire par **bus, train, avion, bateau, à pied, en auto**,... Il s'occupe de la **circulation** des personnes et marchandises entre les villes et les pays, de celle des documents entre les bureaux d'une entreprise en passant par l'ordonnancement et la circulation des produits entre les postes d'un atelier de production d'une usine. Les moyens utilisés dans le processus de transport peuvent pour leur part varier des **infrastructures lourdes** (routes, ponts, aéroports,...) où les installations sont fixes et nécessitent souvent des investissements importants, à celles **légères** ou **roulantes** (trains, avions, bus,...) en passant par des moyens **fictifs** qui constituent des supports de transport créés pour rendre compte des moyens pourvoyés par le *transporté* même (le déplacement à pied par exemple est associé à un moyen qui n'en est pas en fait un car il n'a pas de support).

Cette liste d'étendues du domaine du transport n'est pas exclusive et l'on peut s'imaginer toutes sortes de situations où apparaissent les problèmes de transport du moment qu'il y a déplacement.

De par même sa nature, le transport est donc une activité extrêmement complexe. A ce titre, il constitue une préoccupation pour des intervenants de formation et de fonctions très variées: urbanistes, sociologues, économistes,

ingénieurs, techniciens et politiciens. ces intervenants agissent à plusieurs niveaux autant de planification que d'opération .

Le présent article décrit un outil de planification des systèmes de transport qui représente en fait une procédure où s'occupe du système sans trop se préoccuper des détails techniques de l'infrastructure en place ou de son opération. Afin de mieux illustrer l'utilisation de cet outil, on s'attaque à un secteur du transport qui constitue un maillon important de la chaîne économique de toute ville : ***le transport en commun***.

Le transport en commun a toujours été traité comme étant un service résiduel, complémentaire de l'automobile, ou comme un service public servant à transporter les non-motorisés, donc voué à charger un déficit d'exploitation au fardeau économique, déjà lourd, de la collectivité.

Produit à marché peu dynamique, le transport en commun est souvent mis sous la tutelle de l'État, notamment dans le cas de la ville de Tunis, qui vise en général à améliorer sa productivité tout en satisfaisant les besoins des usagers dans les conditions économiques et sociales les plus avantageuses pour la collectivité. Cette péréquation n'est cependant pas évidente du moment que l'infrastructure ne peut souvent pas suivre le rythme de l'évolution de l'urbanisation.

II. Le problème du transport en commun

1. Problématique du transport en commun

Le desserrement résidentiel depuis le centre-ville vers les banlieues entraîne un déséquilibre grandissant entre équipements commerciaux, emplois et habitat: c'est donc un ***facteur multiplicatif des déplacements***.

Ce phénomène est d'autant plus important qu'il ne s'accompagne pas d'adaptation du système de transport urbain; ceci entraîne des maux surtout observés dans les villes à forte densité de population:

- vitesses commerciales de plus en plus limitées,
- fréquence trop faible et ***irrégulière***,
- désaffection croissante de la clientèle.

Ce problème s'ajoute à ceux de la planification et d'exploitation déjà souvent compliqués par la limite de capacité des réseaux.Les effets, imprévus (donc ajoutant de l'aléa), de certaines modifications de la configuration du réseau accentuent la difficulté.

Ces modifications peuvent être imaginées dans deux contextes:

- d'exploitation, avec des modifications de paramètres de décision et de gestion du réseau existant (flotte, horaires .....);

- de planification, dans le cas de projets d'investissement mettant en jeu des dépenses importantes justifiant une vérification préalable des impacts attendus.

L'un des plus gros problèmes qu'on retrouve en transport en commun est que chaque cas est particulier et possède des caractéristiques propres. Donc, il ne peut exister de solution standard, et les études ne sont souvent pas transposables.

La ville de Tunis n'échappe pas à la règle, et son système de transport souffre des maux qu'on observe dans la plupart des réseaux où le transport en commun est plus utilisé que l'automobile. La non-applicabilité des grands logiciels de transport, quand ils existent, nous a ramené à nous poser des questions sur le comportement de ses usagers. Commençons tout d'abord par présenter ce réseau et ses caractéristiques propres.

2. Le transport en commun à Tunis

Le District de Tunis est composé de trois gouvernorats. A la fin de l'année 1985, la population du district s'élevait à 1,4 million d'habitants correspondants à 273000 ménages.

La ville de Tunis était desservie, en décembre 1987, par 156 lignes d'autobus de la Société Nationale des Transports (S.N.T.).

La structure du réseau est essentiellement radiale avec de rares liaisons circulaires (fig. 1). La S.N.T. offrait alors 8609 courses par 464 véhicules sur une longueur de réseau de 4500 km et parcourant un total de 100109 km par jour .

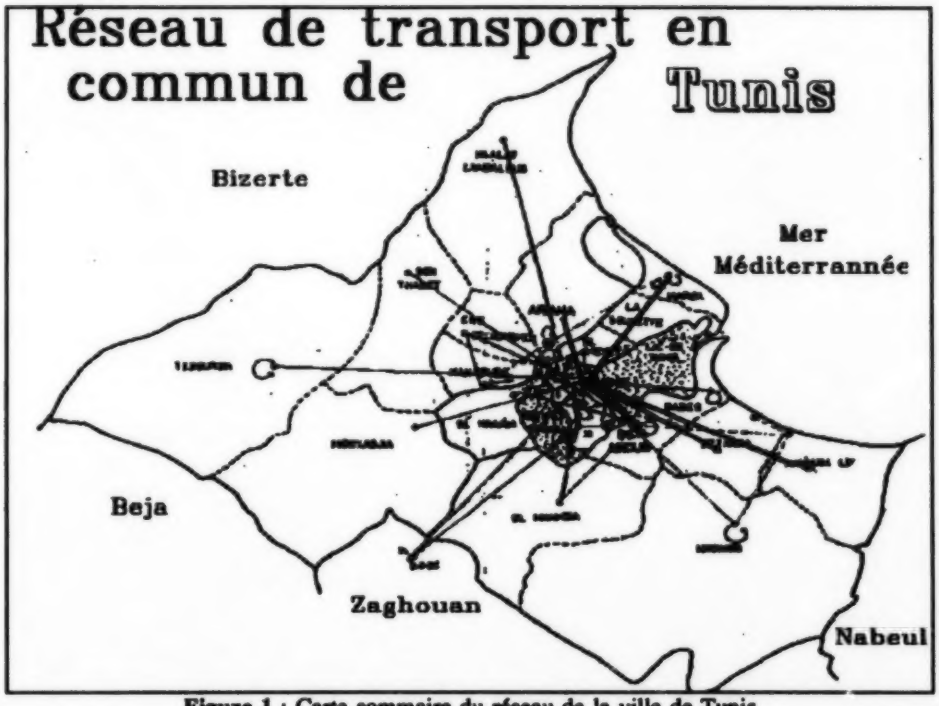

Figure 1 : Carte sommaire du réseau de la ville de Tunis

Dans le cadre d'un projet de collaboration entre l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) et la S.N.T., une enquête à bord des véhicules (montées/descentes)

a été effectuée sur toutes les courses d'une ligne typique du réseau de Tunis pour servir de support d'essai d'un logiciel de traitement d'enquêtes (Saïdi, 88). Des données sont ressorties de l'enquête justifiant le choix d'une orientation dynamique dans la recherche de modèle d'affectation des passagers sur un réseau de transport en commun. Certaines figures en ont été extraites:

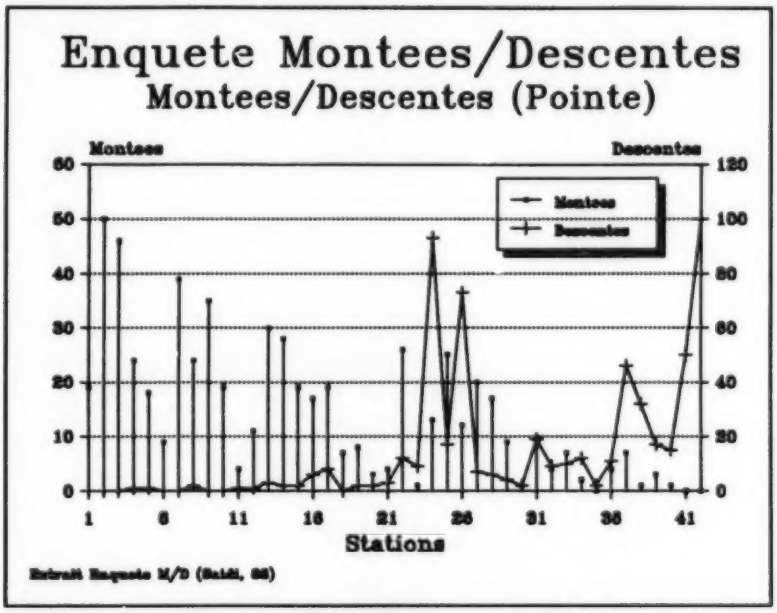

Figure 2 : Montées/Descentes par station

La figure (2) représente les montées et descentes sur trois courses identifiées comme appartenant à la période de pointe [La période de pointe a été définie de façon quasi-intuitive suivant la charge observée sur la ligne]. On peut y observer la fluctuation et la variation dans le temps de la demande (de la charge) aux arrêts, avec principalement deux pics pour chaque courbe. En fait, ces pics peuvent représenter des points de transfert où des lignes courtes pourraient se terminer.

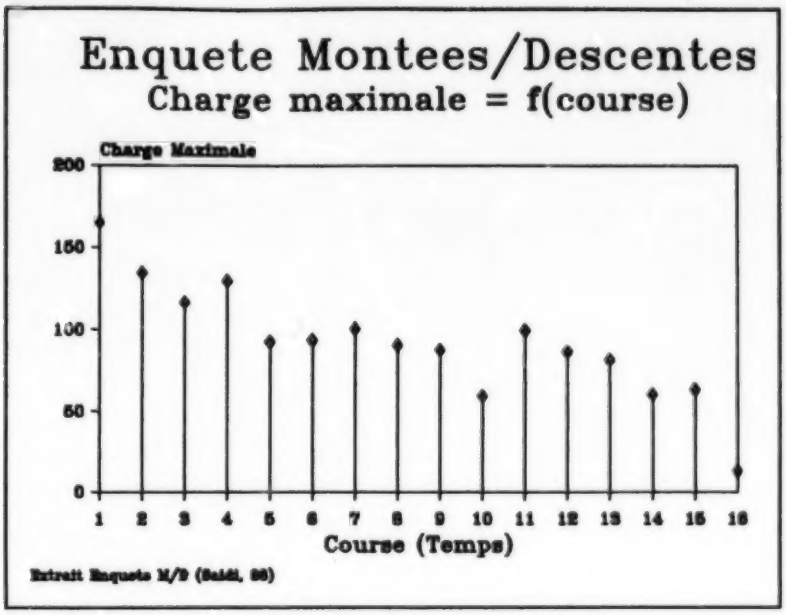

Figure 3: Charge maximale par course

Le graphique (3) représente la variation de la charge maximale au cours du temps. On peut y dénoter l'irrégularité de la charge au fil des courses. On peut par ailleurs retrouver les périodes de pointe représentées par une variation de la charge.

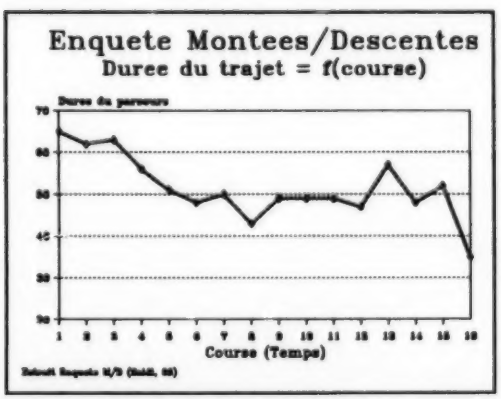

Figure 4 : Durée du parcours par course

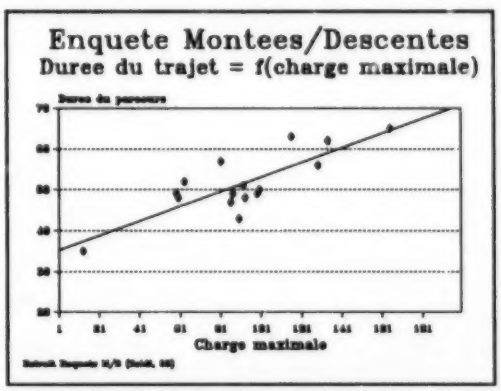

Figure 5 : Durée en fonction de la charge

La figure (4) représente la durée du trajet en fonction du temps. Bien que sans corrélation évidente, ce graphique montre la variation de la durée du parcours au cours de la journée. Cette variation peut être importante. La corrélation peut

cependant être déduite à partir du graphique (5) qui représente la variation de la durée du trajet en fonction de la charge maximale de la course et une certaine tendance à deux paliers peut être observée: le premier palier pourrait correspondre à la capacité nominale (dans le graphique entre 80 et 100) et le deuxième correspondrait au maximum de charge possible avec une tendance continue à la croissance indiquée d'ailleurs sur la figure par une droite.

Le réseau de Tunis apparaît donc comme un réseau surchargé en pleine expansion où il est nécessaire d'utiliser des méthodes rationnelles pour le gérer.

III. La modélisation

1. La modélisation en transport en commun

Les réseaux de transport ayant une grande inertie, l'expérimentation directe s'avère inefficace et surtout impraticable car très onéreuse. Une alternative pour les planificateurs est alors d'utiliser des outils qui reproduisent aussi fidèlement que possible l'état du système et simulent son évolution quand certains de ses paramètres varient. Ces outils de simulation sont basés sur des techniques de modélisation qui ramènent la description du comportement des paramètres du système de transport à un ensemble de règles et équations plus faciles à manipuler.

La ***recherche opérationnelle*** joue à ce point un rôle important dans l'acquisition de connaissances en vue de l'adéquation de l'offre aux besoins changeants de la demande. En effet, elle permet au moyen de modèles, de décrire et ensuite de prévoir (prédire) le comportement du système de transport face aux modifications de certaines de ses composantes.

1.1 Les modèles d'affectation des passagers

Les modèles d'affectation des passagers essaient en particulier de prédire la répartition des usagers sur le réseau étant donnés: une certaine configuration du système un niveau de service, une politique d'opération, un besoin de transport, correspondant à des pôles de génération et d'attraction des déplacements. Ils permettent de prédire la réaction des usagers du réseau face à une modification de ses paramètres et de représenter leur nouvelle distribution sur la nouvelle configuration du réseau.

Dans la plupart de ces modèles (sinon tous), on parle de demande moyenne (état moyen du système): charge moyenne sur chaque portion du réseau pendant la période donnée: d'où une **approche statique** qui ne tient pas compte des aspects temporels des déplacements et ainsi néglige l'aspect typiquement ***dynamique*** du transport en commun. Cette simplification étant principalement justifiée par la complexité engendrée surtout dans le cas réel.

Cependant, et bien que pouvant être acceptable dans certains cas de réseaux peu congestionnés, l'hypothèse statique se retrouve insatisfaisante pour la plupart des situations réelles. Les usagers, quittant leur origine à un moment bien précis, toute modification de cette heure de départ influe sur le reste de leur déplacements.

D'autre part, la période intermédiaire, ***transitoire*** entre les pointes et les périodes creuses est large, donc non négligeable. Au cours de cette période, l'évolution du système est dynamique et peut ramener l'usager à modifier son horaire de départ ou sa stratégie de déplacement. D'ailleurs toute modification dynamique de la configuration du réseau (accident, blocage,...), amenant le système à un régime transitoire, peut influencer le comportement de l'usager.

Par ailleurs, du fait de l'apparition d'***outils de gestion en temps réel*** de réseaux, couplés à des ***systèmes d'information dynamique*** aux usagers, les modèles se doivent d'être sensibles à cet aspect. Les usagers ayant des comportements dynamiques, les scénarios engendrés par les modèles doivent reproduire des règles de décision dépendant du temps.

Enfin, la modélisation dynamique permet de tenir compte des files d'attente qui s'accumulent lors des pointes et influent sur les performances du réseau.

1.2 Processus de modélisation en transport en commun

Afin de pouvoir comprendre le comportement de l'usager du réseau, il faut tout d'abord commencer par identifier les caractéristiques qui peuvent guider son ***choix*** d'itinéraire de son origine vers sa destination. En premier lieu, il choisit le mode

de déplacement (cette possibilité de choix n'existe pas toujours), ensuite une route de son origine vers sa destination et enfin une heure de départ. Ces trois éléments sont cependant inter-reliés et la séquence n'est pas toujours celle décrite.

L'usager se construit une échelle de jugement où il fait une pondération des différents paramètres qui lui permet de ramener son processus de décision à une comparaison d'un ***coût généralisé*** constitué par une combinaison de paramètres rendant compte de leur importance relative pour lui; d'où une première préoccupation :

- *déterminer les facteurs influençant le choix de l'usager.*
- *construire une fonction de coût généralisé qui reproduit le choix de l'usager.*

Par la suite, il faut *déterminer une caractérisation du comportement macroscopique des usagers en fonction de ce coût généralisé.* Wardrop (52), a introduit deux hypothèses de comportement des usagers du transport routier. L'hypothèse d'***optimisation égoïste*** qui correspond à une situation où chaque usager du système de transport essaie de minimiser son coût individuel. L'hypothèse d'***optimisation coopérative*** correspond, quant à elle, à celle où les usagers coopèrent pour minimiser le coût du système.

Ces hypothèses, transposées au transport en commun, correspondent à la problématique même de tout système économique où l'opérateur de l'offre tend à minimiser le coût total du système, tandis que les utilisateurs-demandeurs tendent

à bénéficier du service au moindre coût individuel.

Le comportement égoïste peut cependant être contrôlé par les autorités d'exploitation au moyen de politique d'encouragement, de pénalisation... (Wie & al, 89). Les exploitants essaient de modifier les paramètres du réseau de façon à faire en sorte que les résultats de l'optimisation égoïste se rapprochent de ceux de l'optimisation coopérative.

Finalement, il s'agirait d'établir si les stratégies adoptées par les différents usagers du système de transport aboutit vraiment à un équilibre macro.
Dans le contexte congestionné, une fois la stratégie la ***moins pire*** atteinte, l'usager se contente de le choisir et un équilibre forcé peut ainsi s'établir; cette équilibre serait cependant très instable.

Cependant, la réussite du processus de modélisation est tributaire de l'adéquation du modèle aux conditions spécifiques de la région à étudier et certaines particularités des réseaux sont à tenir en compte.

1.3 Arrêts multiples

Certaines autres particularités ajoutent des contraintes aux problèmes étudiés. Les ***arrêts multiples***, auxquels passent plusieurs lignes d'autobus, deviennent la règle dans les réseaux à structure radiale (e.g. le réseau autobus de la ville de Tunis).

L'usager choisit dans ce cas, non plus une ligne pour son déplacement mais un ensemble de lignes à bord desquelles il monterait. Le choix de stratégie de déplacement peut être modifié de façon dynamique en fonction des files d'attente aux stations.

Les arrêts multiples introduisent visiblement une diminution de temps d'attente aux arrêts. Cette réduction n'est cependant pas globale à cause de l'inconvénient imposé aux usagers des lignes d'autobus les plus éloignées par les utilisateurs des tranches communes du réseau. Les coûts de transport, dans ce cas, sont remplacés par des espérances de coût accompagnant la notion de stratégie de choix.

Les arrêts multiples sont d'autant plus importants que ce sont les endroits où se font les choix de routes.

1.4 Congestion des réseaux de transport en commun

La ***limite de capacité des véhicules***, pour sa part, rencontrée aux heures de pointe dans la plupart des réseaux et caractéristiques de certains autres, implique que les usagers ne montent plus à bord du premier véhicule qui se présente à la station, mais plutôt de celui où il y aura une place ***disponible***. Elle rend, par ailleurs, la notion de capacité assez subjective et dépendante de l'environnement du transport, des usagers,...: En effet, à des taux de charge [charge/capacité nominale] de 272% (Tunis, 88), une *redéfinition de la notion de capacité dans le*

contexte surchargé nous paraît indispensable; cette nouvelle définition devant tenir compte entre autre chose de la fluctuation de la demande au cours de la journée, des arrêts multiples,....

De plus, la limite de capacité implique une variabilité dans le comportement des usagers, car sa perception n'est pas uniforme pour tous les usagers : certains (seulement) vont attendre le prochain autobus s'ils considèrent qu'il n'y a pas de place dans celui qui est à la station.

Cette forme de ***congestion*** influe, par ailleurs, sur le temps subis par les usagers:

- Le ***temps en véhicule*** dépendant du chargement aux stations successives et du taux de forte surcharge.
- Le ***temps d'attente aux stations*** quant à lui peut être influencé par le chargement aux stations précédentes, du temps de départ et du taux de forte surcharge.

1.5 Processus d'apprentissage des usagers du réseau

A travers cette présentation des différentes caractéristiques, apparaît une variable importante: *l'information perçue par les usagers du réseau.* Cette perception est sujette à une interprétation individuelle de chaque usager et devrait être modifiée à chaque variation de l'un des paramètres du réseau. L'information, quant à elle,

comprend les caractéristiques du réseau et son état de congestion. L'usager adapte ensuite son comportement à cette information et modifie sa stratégie de déplacement. Il accepterait une marge de retard en contre-partie d'une ***fiabilité*** caractérisée surtout par une ***répétabilité*** dans ces horaires d'arrivée.

Le processus d'*apprentissage-correction* dépend du niveau d'information de l'usager. Cet aspect, bien qu'important, implique une période transitoire difficile à modéliser et ne fait souvent pas partie des études effectuées.

Le problème du transport étant multidimensionnel, dans chaque cas, certaines simplifications sont faites, confinant ainsi le modèle issu à la seule application dans le domaine étudié.

Bien qu'ayant sommairement les mêmes catégories de composantes, l'évolution du traitement des différents domaines du transport n'a pas été uniforme. Cette distorsion est due principalement aux considérations financières et politiques.

Cependant, il peut être intéressant d'explorer les possibilités d'analogie entre le domaine étudié et d'autres, connexes et plus évolués.

2. Analogies

Contrairement au transport urbain, certains domaines ont, pour leur part, été spécialement gâtés par les études: le transport routier, grâce aux implications de la

construction de son infrastructure et le transport aérien, où les enjeux économiques et politiques sont très importants.

Afin de bénéficier de l'avancement de ces domaines, il est indispensable d'explorer les analogies possibles et d'en ressortir les caractéristiques spéciales. Cette analogie n'est pas toujours évidente à déceler, mais au moyen de certaines abstractions, il est souvent possible de retrouver l'applicabilité du cas dans le problème étudié.

2.1 Transport routier - Transport en commun

En transport routier, les déplacements des usagers sont assimilés à ceux des véhicules, donc, le problème d'affectation du trafic revient à une détermination d'itinéraires des automobilistes. Cette équivalence n'est plus valable dans le cas du transport en commun et les déplacements ne peuvent plus être assimilés à ceux des véhicules même s'ils sont parfois conjoints; en effet une composante importante est ajoutée: le ***temps d'accès*** qui est composé par le temps d'attente et d'embarquement. Les pénalisations de correspondance peuvent aussi être considérés comme des temps.

La composante ***horaire*** est aussi importante quant aux aléas, pour le système, des sorties des véhicules de leur origine. Elle donne cependant plus d'ampleur et d'effets aux éventuels retards. L'horaire influe aussi sur le comportement des

usagers.

Cependant, certaines analogies persistent (Fearnside & Draper, 71) rendant ainsi impératif le survol des principaux travaux en transport routier où on peut d'ailleurs observer un développement plus poussé qu'en transport en commun.

2.2 Transport aérien - Transport en commun

Le transport aérien présente, pour sa part, une grande analogie au transport en commun urbain par plusieurs notions fondamentales existant dans les deux systèmes: Tout d'abord les notions d'horaire de départ, itinéraire (réseau fixe), temps d'accès, correspondance; en effet tous ces facteurs existent aussi bien dans les systèmes aériens qu'en transport urbain collectif avec plus ou moins d'importance, mais ce sont les facteurs sur lesquels les modélisateurs font les hypothèses autant en transport en commun qu'en transport aérien (Soumis, Ferland et Rousseau, 79).

Les notions d' **attractivité** et de **disponibilité** (Soumis, 79) correspondent au degré de satisfaction (obtenu à partir d'une comparaison des coûts de transport) et à la capacité d'un autobus; cependant, dans ce dernier cas, à la surcharge observée sur les lignes d'autobus, on pourrait associer le niveau de satisfaction de

la demande en Transport Aérien.

Certaines notions (phénomènes) ne peuvent pas être observées en transport aérien telles que la fluctuation des durées de voyage en fonction de la charge (de la demande).

Il faut néanmoins noter que l'analogie considérée ne tient plus dès qu'on passe au transport aérien intercontinental où les réservations à l'avance, les formalités d'enregistrement aux aéroports et les durées de parcours plus longs faussent les notions de temps d'attente, d'accès et de surcharge.

IV. Conclusion & Perspectives

A la lumière de ce qui vient d'être présenté, il apparaît clairement que l'exemple du réseau de Tunis peut constituer un bassin intéressant pour une étude de modélisation; en effet, le réseau a en premier lieu une structure radiale avec plusieurs périodes de pointe prolongées (fait inhabituel pour les réseaux nord-américains). Il est utilisé en surcharge quasi-continue au cours de la journée. La ville de Tunis représente par ailleurs une ville en pleine expansion où les grandes décisions d'investissement et d'implantation d'infrastructure restent encore à venir. De ce fait, il est important de comprendre le comportement de ses habitants utilisateurs de cette infrastructure afin de pouvoir optimiser son utilisation et ses performances.

Les modèles serviraient ainsi à consolider cette connaissance et à permettre de prévoir les réactions des usagers du réseau à des modifications de celui-ci.

L'étude du réseau de transport en commun de la ville de Tunis présente aussi un nouveau défi avec l'impact de l'implantation du métro léger qui va sans doute modeler l'urbanisation de la ville. En effet, le métro fonctionnant en sîte propre, des données telles que les retards dûs à la congestion du centre-ville et la

fluctuation des durées de parcours devraient changer. Il faut cependant noter que l'avénement d'un moyen de transport dans un système déjà installé demande rodage et coordination. La ville de Tunis en est actuellement à la phase des grandes installations où toutes les décisions sont à étudier et les scénarios à prévoir afin d'éviter les situations *cahoteuses* imprévisibles des périodes d'apprentissage des usagers; et une meilleure connaissance de leur comportement s'avère indispensable.

La congestion n'est cependant pas particulière au réseau de Tunis; elle se présente dans toutes les villes en expansion, où la démographie suit un taux de croissance important et dont l'urbanisation est plus rapide que le développement du système de transport.

Cet article, bien que donnant une présentation sommaire de la problématique du transport en commun dans la ville de Tunis, en ressort certains maux et vise à introduire l'outil qui servira à l'étude même : La recherche opérationnelle et plus précisèment la modélisation.

Références bibliographiques

Fearnside, K. et Draper, D.P.(1971), *Public Transport Assignment - A new Approach*, Traffic Engineering and Control 13, 298-299.

Gendreau, M.(1984), *Étude approfondie d'un modèle d'équilibre pour l'affectation des passagers dans les réseaux de transport en commun congestionnés*, Thèse de Ph.D., Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle, Université de Montréal.

Saïdi, S.(1988), *Élaboration d'un système d'information sur micro-ordinateur pour le traitement d'enquêtes à bord des véhicules*, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis.

Saïdi, S.(1988), *Analyse de la situation du transport public: Exemple de la Tunisie*, Tunisian Scientific Magazine, 4-5.

Sides [Bureau d'Ingénierie] (1989), *Restructuration du réseau de transports collectifs de Tunis*, V I : Réseau Nord.

Soumis, F., Ferland, J.A. et Rousseau, J.M.(1981), *MAPUM: A model for assigning passengers to a flight schedule*, Transportation Research 15 A, 155-162.

Spiess, H.(1983), *On optimal route choice, strategies in transit networks*, Publication # 286, Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal.

Wardrop, J.G.(1952), *Some theorical Aspects of Road Traffic Assignment*, Proceedings of the Institue of Civil Engineers, PartII, 325-378.

Wie, B.W., Friesz, T.L. et Tobin, R.L.(1989): *Dynamic user optimal traffic assignment: A control theoretic formulation*, US-Italy joint seminar on Urban traffic networks, Capri (Italie).